(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-501126
(P2024-501126A)
(43)公表日　令和6年1月11日(2024.1.11)

| (51)国際特許分類 | | FI | | | テーマコード（参考） |
|---|---|---|---|---|---|
| *H01L 31/10 (2006.01)* | | H01L | 31/10 | A | 4M118 |
| *H01L 27/146 (2006.01)* | | H01L | 27/146 | D | 5F149 |

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全22頁）

(21)出願番号　特願2023-531645(P2023-531645)
(86)(22)出願日　令和3年11月22日(2021.11.22)
(85)翻訳文提出日　令和5年7月19日(2023.7.19)
(86)国際出願番号　PCT/US2021/060315
(87)国際公開番号　WO2022/115373
(87)国際公開日　令和4年6月2日(2022.6.2)
(31)優先権主張番号　63/117,548
(32)優先日　令和2年11月24日(2020.11.24)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　523192668
エスダブリュアイアール ビジョン システムズ インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 ２７７０９ ノースカロライナ、ダーラム、イースト コーンウォリス ロード ３２０１
(74)代理人　110000855
弁理士法人浅村特許事務所
(72)発明者　ハインズ、ショーン
カナダ、オンタリオ、オタワ、デブリン クレセント １８０３
(72)発明者　クレム、イーサン ジェイ．ディー．
アメリカ合衆国、ノースカロライナ、チャペル ヒル、セント トーマス ドライブ １０２
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　光回折格子結合器が中に集積された光検出器及び関連する方法

(57)【要約】
基板と、該基板上のＣＱＤ光検出器と、該基板上の集積光回折格子コンタクトとを含む集積デバイスが提供される。集積光回折格子コンタクトは導電性回折格子コンタクトであり、基板と光検出器の間に提供される。集積デバイスは、光検出器の上に頂部コンタクトを更に含む。

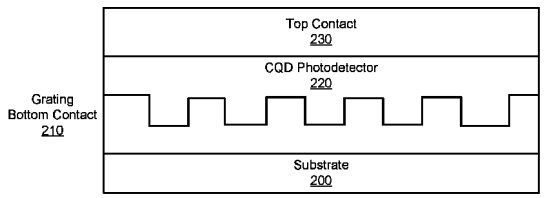



Fig. 2A

【特許請求の範囲】
【請求項１】
集積光回折格子結合器を中に備える非量子井戸赤外線光検出器（ＱＷＩＰ）デバイス。
【請求項２】
前記集積光回折格子結合器が、前記デバイスの頂部表面、前記デバイスの底部表面、又は前記デバイスの中間部分である、前記デバイスの前記頂部表面と前記底部表面の間に配置される、請求項１に記載のデバイス。
【請求項３】
前記光回折格子結合器が導電性材料を含む、請求項１に記載のデバイス。
【請求項４】
前記光回折格子結合器が金属を備える、請求項３に記載のデバイス。
【請求項５】
前記金属光回折格子結合器がポストのパターン化アレイを備える、請求項４に記載のデバイス。
【請求項６】
前記集積光回折格子結合器の形状が、周期、ランダム、ポスト形、ピラー形であり、孔を含有し、格子を含み、及び／又は凹んだ格子を含む、請求項１に記載のデバイス。
【請求項７】
前記非ＱＷＩＰデバイスがコロイド状量子ドット（ＣＱＤ）光検出器デバイスを備える、請求項１に記載のデバイス。
【請求項８】
前記集積光回折格子結合器を含む前記デバイスが、集積光結合器がないデバイスに対して、暗雑音が大きくなることなく、改善された光量子効率を有する、請求項１に記載のデバイス。
【請求項９】
集積光結合器を有するデバイスの前記量子効率を少なくとも５０パーセント改善する、請求項８に記載のデバイス。
【請求項１０】
前記集積光回折格子結合器が、約８００ｎｍから約２５００ｎｍまでの波長で使用するための集積光回折格子結合器である、請求項１に記載のデバイス。
【請求項１１】
前記デバイスが垂直入射において光を結合する非ＱＷＩＰ材料を備える、請求項１に記載のデバイス。
【請求項１２】
前記非ＱＷＩＰ材料が、ＩｎＧａＡｓ、Ｓｉ及びＣＱＤのうちの少なくとも１つを含む、請求項１１に記載のデバイス。
【請求項１３】
基板と、
前記基板上のＣＱＤ光検出器と、
前記基板上の集積光回折格子コンタクトと
を備える集積デバイス。
【請求項１４】
前記集積光回折格子コンタクトが導電性回折格子コンタクトであり、前記基板と前記光検出器の間に提供され、前記集積デバイスが前記光検出器の上に頂部コンタクトを更に備える、請求項１３に記載のデバイス。
【請求項１５】
前記導電性回折格子コンタクトをパターン化して、周期パターン及びランダム・パターンのうちの１つが提供される、請求項１４に記載のデバイス。
【請求項１６】
前記導電性回折格子コンタクトがポストのパターン化アレイを備える、請求項１４に記

載のデバイス。
【請求項１７】
前記デバイスが非ＱＷＩＰデバイスである、請求項１３に記載のデバイス。
【請求項１８】
前記デバイスが垂直入射において光を結合する非ＱＷＩＰ材料を備える、請求項１７に記載のデバイス。
【請求項１９】
前記非ＱＷＩＰ材料が、ＩｎＧａＡｓ、Ｓｉ及びＣＱＤのうちの少なくとも１つを含む、請求項１８に記載のデバイス。
【請求項２０】
前記集積光回折格子コンタクトが存在することにより、光路長が長くなり、また、前記光検出器の内側の光吸収が増加する、請求項１３に記載のデバイス。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本出願は、２０２０年１１月２４日に出願した、「Ｏｐｔｉｃａｌ Ｇｒａｔｉｎｇ Ｃｏｕｐｌｅｒｓ ｆｏｒ Ｃｏｌｌｏｉｄａｌ Ｑｕａｎｔｕｍ Ｄｏｔ Ｐｈｏｔｏｄｅｔｅｃｔｏｒｓ」という名称の米国仮出願第６３／１１７，５４８号の優先権を主張するものであり、この仮出願の内容は、参照により、その全体が説明されているものとして本明細書に組み込まれている。
【０００２】
本発明の概念は、一般に、光回折格子結合器及びコロイド状量子ドット光検出器に関し、より詳細には、光路長を長くし、且つ、コロイド状量子ドット光検出器の内側の光吸収を増すための、コロイド状量子光検出器の構造の中に集積された回折格子結合器に関する。
【背景技術】
【０００３】
焦点面アレイ（ＦＰＡ：Ｆｏｃａｌ－ｐｌａｎｅ ａｒｒａｙ）は、レンズの焦点面における光知覚ピクセルのアレイからなる画像知覚デバイスである。ＦＰＡは、画像化する目的、例えば写真を撮り、或いはビデオ画像を撮るために最も広く使用されているが、分光学、光検出及び測距（ＬＩＤＡＲ：ｌｉｇｈｔ ｄｅｔｅｃｔｉｏｎ ａｎｄ ｒａｎｇｉｎｇ）及び波面知覚などの非画像化目的のために使用することも可能である。
【０００４】
可視及び赤外波長では、ＦＰＡは様々な画像化デバイス・タイプを意味することができるが、一般的な使用法では、ＦＰＡは、赤外スペクトルにおいて敏感である二次元デバイスを意味している。他のスペクトルにおいて敏感なデバイスは、通常、ＣＣＤ（電荷結合デバイス：ｃｈａｒｇｅ－ｃｏｕｐｌｅｄ ｄｅｖｉｃｅ）及び可視スペクトルにおけるＣＭＯＳ画像センサなどの他の用語によって参照されている。ＦＰＡは、特定の波長における光子を検出し、次に、個々のピクセルで検出された光子の数に比例した電荷、電圧又は抵抗を生成することによって動作する。次に、光子を放出した対象、場面又は現象の画像を構築するために、この電荷、電圧又は抵抗が測定され、デジタル化され、且つ、使用される。線形及び面積の２つの基本タイプの焦点面アレイが存在している。線形焦点面アレイは１本の線のピクセルからなっている。面積焦点面アレイはピクセルの行及び列からなっている。
【０００５】
コロイド状量子ドット（ＣＱＤ：Ｃｏｌｌｏｉｄａｌ ｑｕａｎｔｕｍ ｄｏｔ）光検出器は、半導体材料の微小粒子全体から構成された薄い膜を使用して光子を吸収し、且つ、光を検出する光検出器である。回折格子結合器は広く使用されている光学素子であり、光をチップ上の位置に結合し、また、チップ上の位置から光を取り出すための集積光学系に使用することができる。回折格子結合器は、従来、量子井戸赤外線光検出器（ＱＷＩＰ

：Ｑｕａｎｔｕｍ　Ｗｅｌｌ　Ｉｎｆｒａｒｅｄ　Ｐｈｏｔｏｄｅｔｅｃｔｏｒ）でできた赤外線感応ＦＰＡに使用されている。それらによれば、さもなければ画像化システムの中で見出された垂直入射光子を効果的に吸収することができないことになる量子井戸構造の中に垂直入射光を結合することにより、ＱＷＩＰデバイスの中で画像化することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】米国特許出願第１７／１９９，９７１号

【特許文献２】米国特許第８，７２９，５２８号

【特許文献３】米国特許第８，７４２，３９８号

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明の概念のいくつかの実施例は、集積光回折格子結合器を中に含む非量子井戸赤外線光検出器（ＱＷＩＰ）デバイスを提供する。

【０００８】

他の実施例では、集積光回折格子結合器は、デバイスの頂部表面、デバイスの底部表面、又はデバイスの中間部分である、デバイスの頂部表面と底部表面の間に配置することができる。

【０００９】

更に他の実施例では、光回折格子結合器は導電性材料を含むことができる。

【００１０】

いくつかの実施例では、光回折格子結合器は金属を含むことができる。

【００１１】

他の実施例では、金属光回折格子結合器はポストのパターン化アレイを含むことができる。

【００１２】

更に他の実施例では、集積光回折格子結合器の形状は、周期、ランダム、ポスト形、ピラー形であっても、孔を含有することも、格子を含むことも、及び／又は凹んだ格子を含むことも可能である。

【００１３】

いくつかの実施例では、非ＱＷＩＰデバイスはコロイド状量子ドット（ＣＱＤ）光検出器デバイスを備える。

【００１４】

他の実施例では、集積光回折格子結合器を含むデバイスは、集積光結合器がないデバイスに対して、暗雑音が大きくなることなく、改善された光量子効率を有することができる。

【００１５】

更に他の実施例では、集積光結合器を有するデバイスの量子効率を少なくとも５０パーセント改善することができる。

【００１６】

いくつかの実施例では、集積光回折格子結合器は、約１０００ｎｍから約３０００ａｍまでの短い波長で使用するための集積光回折格子結合器である。

【００１７】

他の実施例では、デバイスは、垂直入射において光を結合する非ＱＷＩＰ材料を含むことができる。

【００１８】

更に他の実施例では、非ＱＷＩＰ材料は、ＩｎＧａＡｓ、Ｓｉ及びＣＱＤのうちの少なくとも１つを含むことができる。

【００１９】
本発明の概念のいくつかの実施例は、基板と、該基板上のＣＱＤ光検出器と、該基板上の集積光回折格子コンタクトとを含む集積デバイスを提供する。
【００２０】
他の実施例では、集積光回折格子コンタクトは導電性回折格子コンタクトであってもよく、基板と光検出器の間に提供することができる。集積デバイスは、光検出器の上に頂部コンタクトを更に含むことができる。
【００２１】
更に他の実施例では、導電性回折格子コンタクトをパターン化して、周期パターン及びランダム・パターンのうちの１つを提供することができる。
【００２２】
いくつかの実施例では、導電性回折格子コンタクトはポストのパターン化アレイを含むことができる。
【００２３】
他の実施例では、デバイスは非ＱＷＩＰデバイスであってもよい。
【００２４】
更に他の実施例では、デバイスは、垂直入射において光を結合する非ＱＷＩＰ材料を含むことができる。
【００２５】
いくつかの実施例では、非ＱＷＩＰ材料は、ＩｎＧａＡｓ、Ｓｉ及びＣＱＤのうちの少なくとも１つを含むことができる。
【００２６】
他の実施例では、集積光回折格子コンタクトが存在することにより、光路長を長くし、且つ、光検出器の内側の光吸収を増すことができる。
【図面の簡単な説明】
【００２７】
【図１Ａ】量子井戸赤外線光検出器（ＱＷＩＰ）に対するランダム回折格子結合器を示す図である。
【図１Ｂ】量子井戸赤外線光検出器（ＱＷＩＰ）に対するコヒーレント回折格子結合器を示す図である。
【図２Ａ】本発明の概念のいくつかの実施例による、非ＱＷＩＰ光検出器と共に使用するための焦点面アレイ（ＦＰＡ）回折格子結合器の断面を示す図である。
【図２Ｂ】本発明の概念のいくつかの実施例によるポストを示す上面図である。
【図３Ａ】本発明の概念のいくつかの実施例による、コロイド状量子ドット（ＣＱＤ）光検出器を構築するために使用される光回折格子結合器の実例の走査電子顕微鏡（ＳＥＭ：ｓｃａｎｎｉｎｇ　ｅｌｅｃｔｒｏｎ　ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｅ）画像を示す図である。
【図３Ｂ】本発明の概念のいくつかの実施例による、コロイド状量子ドット（ＣＱＤ）光検出器を構築するために使用される光回折格子結合器の実例の走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）画像を示す図である。
【図３Ｃ】本発明の概念のいくつかの実施例による、コロイド状量子ドット（ＣＱＤ）光検出器を構築するために使用される光回折格子結合器の実例の走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）画像を示す図である。
【図４】本発明の概念のいくつかの実施例による、集積光回折格子結合器を使用して製造されたＣＱＤ光検出器の性能と、光回折格子結合器を使用せずに製造されたＣＱＤ光検出器の性能とを比較したスペクトル量子効率を示す画像である。
【図５】本発明の概念のいくつかの実施例による、複数の異なる光回折格子構造に対する、外部量子効率（ＥＱＥ：ｅｘｔｅｒｎａｌ　ｑｕａｎｔｕｍ　ｅｆｆｉｃｉｅｎｃｙ）対波長（ｎｍ）を示すグラフである。
【図６】本発明の概念のいくつかの実施例による、複数の異なるＱＥ構造に対するＥＱＥ対波長（ｎｍ）を示すグラフである。

【図７Ａ】本発明の概念のいくつかの実施例による、デバイスの製造における処理ステップを示す断面図である。
【図７Ｂ】本発明の概念のいくつかの実施例による、デバイスの製造における処理ステップを示す断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００２８】
以下、本発明の概念について、本発明の概念の実施例が示されている添付の図を参照してより完全に説明する。しかしながら本発明の概念は多くの代替形態で具体化することができ、本明細書において説明されている実施例に限定されるものとして解釈してはならない。
【００２９】
したがって本発明の概念は様々な修正形態及び代替形態が可能であるが、図面には本発明の概念の特定の実施例が実例として示されており、また、本明細書においては特定の実施例が実例として詳細に説明されている。しかしながら本発明の概念を開示されている特定の形態に制限することは意図されておらず、それとは対照的に、本発明の概念は、特許請求の範囲で定義されている本発明の概念の精神及び範囲の範疇であるあらゆる修正、等価物及び代替を包含することであることを理解されたい。同様の数字は、図の説明全体を通して同様の要素を表している。
【００３０】
本明細書において使用されている専門用語は、特定の実施例を説明するためのものにすぎず、本発明の概念を制限することは意図されていない。本明細書において使用されているように、単数形の表現「ａ」、「ａｎ」、「ｔｈｅ」には、そうではないことを文脈が明確に示していない限り、複数形の表現を同じく含むことが意図されている。更に、「備える」、「備えた」、「含む」及び／又は「含んだ」という用語は、本明細書において使用される場合、言及されている特徴、整数、ステップ、操作、要素及び／又は構成要素の存在を特定しているが、１つ又は複数の他の特徴、整数、ステップ、操作、要素、構成要素及び／又はそれらのグループの存在又は追加を前もって排除するものではないことは理解されよう。更に、要素が別の要素に「応答している」又は「接続されている」として参照されている場合、その要素は、他の要素に直接応答し、又は直接接続することができ、或いは介在する要素が存在していてもよい。それとは対照的に、要素が別の要素に「直接応答している」又は「直接接続されている」として参照されている場合、介在する要素は存在しない。明細書において使用されているように、「及び／又は」という用語は、列挙されている関連する項目のうちの１つ又は複数の任意の組合せ及びすべての組合せを含み、また、「／」として省略されることがある。
【００３１】
特に定義されていない限り、本明細書において使用されているすべての用語（技術語及び科学用語を含む）は、本発明の概念が属している当業者に広く理解されている意味と同じ意味を有している。更に、本明細書において使用されている用語は、本明細書及び関連する技術分野の文脈におけるそれらの意味と無矛盾の意味を有しているものとして解釈されるべきであり、また、そうであることが本明細書において明確に定義されていない限り、理想化された意味、又は過度に形式上の意味で解釈されることはないことは理解されよう。
【００３２】
第１の、第２の、等々という用語は、本明細書においては様々な要素を記述するために使用することができるが、これらの要素をこれらの用語によって制限してはならないことは理解されよう。これらの用語は、単に１つの要素を別の要素から区別するために使用されているにすぎない。例えば本開示の教示から逸脱することなく第１の要素を第２の要素と呼ぶことができ、また、同様に第２の要素を第１の要素と呼ぶことができる。いくつかの図は、主通信方向を示すために通信経路上に矢印を含んでいるが、通信は、描写されている矢印に対して逆方向でも生じ得ることを理解されたい。

【００３３】
本明細書において使用されているように、「光電子デバイス」という用語は、通常、光－電気変換器又は電気－光変換器として作用する任意のデバイスを意味している。したがって「光電子デバイス」という用語は、例えば光起電性（ＰＶ）デバイス（例えば太陽電池）、光検出器、熱起電性電池、又は発光ダイオード（ＬＥＤ：ｌｉｇｈｔ－ｅｍｉｔｔｉｎｇ　ｄｉｏｄｅ）及びレーザ・ダイオード（ＬＤ：ｌａｓｅｒ　ｄｉｏｄｅ）などのエレクトロルミネセンス（ＥＬ）デバイスを意味することができる。一般的な意味では、ＥＬデバイスの動作はＰＶデバイス及び光検出器デバイスの逆である。電子及び正孔は、印可されたバイアス電圧の影響の下でそれぞれの電極から半導体領域へ注入される。複数の半導体層のうちの１つは、その吸光特性ではなく、発光特性で選択される。注入された電子及び正孔の放射再結合によってこの層における発光が得られる。ＰＶデバイス及び光検出器デバイスに使用される材料のうちの同じタイプの多くは、ＥＬデバイスにも同様に使用することができるが、ＥＬデバイスの異なる目的を達成するためには、層の厚さ及び他のパラメータを適合させなければならない。

【００３４】
本明細書において使用されているように、「量子ドット」又は「ＱＤ」という用語は、励起子が３つのすべての空間次元に拘束される半導体ナノ結晶材料を意味しており、量子細線（２つの次元のみにおける量子拘束）、量子井戸（１つの次元のみにおける量子拘束）及びバルク半導体（拘束されない）とは区別される。また、量子ドットの多くの光特性、電気特性及び化学特性はそのサイズに強く依存し得るため、このような特性は、そのサイズを制御することによって修正又は調整することができる。量子ドットは、通常、粒子として特性化することができ、その形状は、回転楕円体形状、楕円体形状又は他の形状であってもよい。量子ドットの「サイズ」は、その形状の寸法特性、又はその形状の近似を意味することができ、したがって直径、長軸、優勢な長さ、等々であってもよい。量子ドットのサイズはナノメートル程度であり、即ち一般的には１．０～１０００ｎｍの範囲であるが、より典型的には１．０～１００ｎｍ、１．０～２０ｎｍ又は１～１０ｎｍの範囲である。複数の量子ドット又は量子ドット全体では、量子ドットは、平均サイズを有するものとして特性化することができる。複数の量子ドットのサイズ分散は単分散であっても、単分散でなくてもよい。量子ドットは、コア－シェル構成を有することができ、コア及び周囲のシェルは全く異なる組成を有することができる。量子ドットは、その外部表面に取り付けられたリガンドを含むことも可能であり、或いは特定の目的のための他の化学的部分で官能基化することも可能である。

【００３５】
プラズマ合成は、量子ドット、とりわけ共有結合を有する量子ドットを製造するための最も一般的な気相手法のうちの１つになるべく進化してきた。例えばケイ素（Ｓｉ）及びゲルマニウム（Ｇｅ）量子ドットは、非熱プラズマを使用することによって合成されている。量子ドットのサイズ、形状、表面及び組成は、すべて非熱プラズマで制御することができる。量子ドットのためには極めて挑戦的であるように思われるドーピングも、プラズマ合成で同じく実現されている。プラズマによって合成された量子ドットの形態は、通常、表面修正を実施することができる粉末である。これは、有機溶媒中であれ、或いは水中であれ、量子ドットの優れた分散、即ちコロイド状量子ドット（ＣＱＤ）をもたらすことができる。コロイド状量子ドットの溶液合成も、これらの材料を製造するための同じく一般的な方法である。この手法では、有機溶媒及び溶解可能無機先駆体を使用した、溶液に基づく合成方法を使用して、特定のＣＱＤ組成及びサイズ分散によって特性化されるＣＱＤ材料のペイント様懸濁が製造される。次にこの懸濁を使用して、ＣＱＤ溶媒を除去し、ＣＱＤ材料の固体膜を残すスピン塗布又はスプレー塗布などの堆積プロセスによってＣＱＤ膜が製造される。本発明の概念の実施例は、以下で考察されるＣＱＤ膜を使用している。

【００３６】
本開示の目的のために、電磁放射のスペクトル範囲即ちスペクトル帯域は、通常、隣接

するスペクトル範囲即ちスペクトル帯域は、ある程度まで互いに重畳することを考慮し得る、という理解の下に、以下のように取られ、即ち紫外線（ＵＶ）放射は、実際的な用途（真空以上）では、範囲は約２００～４００ｎｍであるが、約１０～４００ｎｍの範囲内になるものと見なすことができる。可視放射は約３８０～７６０ｎｍの範囲内になるものと見なすことができる。赤外線（ＩＲ）放射は約７５０～１００，０００ｎｍの範囲内になるものと見なすことができる。ＩＲ放射は、副範囲の形で考慮することも可能であり、その実例は以下の通りである。短波赤外線（ＳＷＩＲ：Ｓｈｏｒｔ　ｗａｖｅ　ｉｎｆｒａｒｅｄ）放射は約１，０００～３，０００ｎｍの範囲内になるものと見なすことができる。中波赤外線（ＭＷＩＲ：Ｍｅｄｉｕｍ　ｗａｖｅ　ｉｎｆｒａｒｅｄ）放射は約３，０００～５，０００ｎｍの範囲内になるものと見なすことができる。ロング・レンジ赤外線（ＬＷＩＲ：Ｌｏｎｇ　ｒａｎｇｅ　ｉｎｆｒａｒｅｄ）放射は約８，０００～１２，０００ｎｍの範囲内になるものと見なすことができる。

【００３７】

以下で考察されるように、量子ドット・フォトダイオード（ＱＤＰ：ｑｕａｎｔｕｍ　ｄｏｔ　ｐｈｏｔｏｄｉｏｄｅ）技術が実現され、低コスト・ナノ技術イネーブル光検出器を提供している。いくつかの実施態様では、光検出器は、約２５０～２４００ｎｍの範囲のスペクトル領域にわたる感度で光を効果的に検出するように構成することができる。したがって光検出器は、入射紫外線（ＵＶ）、可視及び／又は赤外線（ＩＲ）電磁放射から画像を生成することができるマルチスペクトル・デバイスとして構成することができる。いくつかの実施態様では、感度のスペクトル範囲を拡張して、Ｘ－線エネルギーまで短くし、及び／又は２４００ｎｍより長いＩＲ波長まで長くすることができる。本明細書において教示される光検出器は、費用有効性が高く、広面積アレイまで拡張することができ、また、可撓基板に適用することができる。

【００３８】

本明細書において使用されているように、「量子効率」（ＱＥ）は、測定された電子に対する入射光子の比率を意味しており、最適効率は１００％である。量子井戸赤外線光検出器（ＱＷＩＰ）の場合、吸収が生じるのは、放射の電界ベクトルがＱＷ層平面に対して直角の成分を有している場合のみであり、そのためにはこれらの平面に対する入射の角度をゼロ以外にしなければならない。ＣＱＤ検出器の場合、光吸収は、この同じ直角電界ベクトル要求事項を有しておらず、その代わりに光子の電界ベクトルの任意の偏光又は配向に対して生じる。

【００３９】

「暗電流」は、入射する照明が存在しない場合に光電気デバイスに流入する残留電流を意味している。物理学及び電子工学では、暗電流は、光子がデバイスに入射しない場合でも、光電子増倍管、フォトダイオード又は電荷結合デバイスなどの感光性デバイスを通って流れる比較的小さい電流である。暗電流は、通常、外側の放射が検出器に入射しない場合に検出器の中に生成される電荷からなっている。暗電流は、非光デバイスでは逆バイアス漏れ電流と呼ぶことができ、すべてのダイオードに存在する。物理的には、オン・ソース暗電流は、デバイスの空乏領域内における電子及び正孔のランダム生成によるものである。

【００４０】

量子井戸赤外線光検出器（ＱＷＩＰ）は、量子井戸における電子副帯域間遷移を使用して光子を吸収する赤外線光検出器である。言い換えると、半導体中における帯域間（価電子帯－伝導帯）吸収を利用している光起電性（ＰＶ）検出器又は光伝導性（ＰＣ）検出器とは異なり、ＱＷＩＰは、伝導帯／価電子帯内の量子井戸における量子化されたエネルギー状態同士の間の光の帯域間吸収を利用している。

【００４１】

上で考察したように、焦点面アレイ（ＦＰＡ）回折格子結合器は、従来、ＱＷＩＰと共に使用するために開発されている。ＦＰＡ回折格子結合器は、量子選択則を介して、垂直入射角における、光をＱＷＩＰの中に結合する無能性による画像化を許容するよう、ＱＷ

ＩＰのために特別に設計されている。本明細書において使用されているように、「垂直」は、直角又は実質的に直角（９０度）に近い角度で表面と交差する光を意味している。

【００４２】

ＱＷＩＰ　ＦＰＡ回折格子結合器は、遠赤外線波長までの中間赤外線波長で使用するために開発されており、もっと短い波長で使用するようには開発されていない。もっと短い波長のためのＦＰＡ回折格子結合器の開発の欠乏は、中間赤外線及びそれを超える波長、即ち３．５ミクロンより長い波長に対する設計を制限し得る、ＱＷＩＰ自体の材料の固有の物理学拘束によるものであり得る。更に、インジウム砒化ガリウム（ＩｎＧａＡｓ）、ケイ素（Ｓｉ）、などの材料は、上で考察したＱＷＩＰ材料とは異なり、レンズを介して、垂直入射において光をより効果的に吸収するため、このような材料などの非ＱＷＩＰ材料は、通常、回折格子結合器の使用を必要としない。

【００４３】

暗電流とＱＥの間には、光検出器材料の厚さに直接関連する、光検出器センサ材料に対する基本的なトレード－オフが存在している。詳細には、材料の厚さを変えると、即ち材料をより分厚くし、或いはより薄くすると、他方の属性を犠牲にして一方の属性を改善することができる。したがって本発明の概念のいくつかの実施例は、ＱＥと暗電流の間のトレード－オフを改善する非ＱＷＩＰ　ＦＰＡ（光センサ）材料と共に使用するための回折格子結合器を提供し、また、ＱＥ及び暗電流の両方を最適化する光センサを提供する。本明細書において使用されているように、非ＱＷＩＰ光センサ材料は、垂直入射の光を結合する材料を意味している。これらの非ＱＷＩＰ光センサ材料は、例えばＩｎＧａＡｓ、Ｓｉ、ＣＱＤ、等々を含むことができる。

【００４４】

本発明の概念の実施例は、ＱＥを犠牲にすることなく暗電流を小さくする微小光イメジャーを提供することができる。同様に、コロイド状量子ドット（ＣＱＤ）膜光検出器は、暗電流を犠牲にすることなく高いＱＥを備えることができる。ＣＱＤ膜光検出器に関して、センサをより分厚くすることは数百ナノメートルの厚さを超えると困難な課題であることが分かった。ＣＱＤ光検出器は、例えば本発明の譲受人に譲渡された、２０２１年３月１２日に出願した、「Ｃｏｌｌｏｉｄａｌ　Ｑｕａｎｔｕｍ　Ｄｏｔ　（ＣＱＤ）　Ｐｈｏｔｏｄｅｔｅｃｔｏｒｓ　ａｎｄ　Ｒｅｌａｔｅｄ　Ｄｅｖｉｃｅｓ」という名称の米国特許出願第１７／１９９，９７１号（弁理士事件番号第１９０８２３－００００８号）、「Ｑｕａｎｔｕｍ　Ｄｏｔ－Ｆｕｌｌｅｒｅｎｅ　Ｊｕｎｃｔｉｏｎ　Ｏｐｔｏｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃ　Ｄｅｖｉｃｅｓ」という名称の米国特許第８，７２９，５２８号、及び「Ｑｕａｎｔｕｍ　Ｄｏｔ－Ｆｕｌｌｅｒｅｎｅ　Ｊｕｎｃｔｉｏｎ　Ｂａｓｅｄ　Ｐｈｏｔｏｄｅｔｅｃｔｏｒｓ」という名称の米国特許第８，７４２，３９８号の中で考察されており、これらの特許文献の内容は、参照により、その全体が説明されているものとして本明細書に組み込まれている。しかしながら本発明の概念の実施例はこの構成に限定されないことは理解されよう。

【００４５】

ＱＥと暗電流の間のトレード－オフに対処するために、従来のデバイスは、無反射コーティング共鳴構造、後方反射体構造を有する無反射コーティング、及び導波路構造を使用している。しかしながら改善された方法が望ましい。本明細書において考察されているいくつかの実施例によるＦＰＡ回折格子結合器は、非ＱＷＩＰ　ＦＰＡセンサ材料中への改善された光結合を提供することにより、暗電流及び量子効率トレード－オフに対する、従来のデバイスに見出される改善に優る改善を提供する。非ＱＷＩＰ　ＦＰＡ材料の実例はＣＱＤ材料である。

【００４６】

本明細書において考察される実施例によるＦＰＡ回折格子結合器は、ＱＥと暗電流の間の改善された関係を利用することができる任意のデバイスに使用することができる。例えば本発明の概念の実施例は、必要に応じてより良好なＱＥ又は暗電流性能から直接得られるより良好な信号対雑音比（ＳＮＲ：ｓｉｇｎａｌ　ｔｏ　ｎｏｉｓｅ　ｒａｔｉｏ）を

使用した画像化を利用する用途に使用することができる。

【００４７】

図１Ａ及び図１Ｂを参照すると、本発明の概念の実施例による回折格子はランダム（図１Ａ）であっても、或いは周期的（図１Ｂ）であってもよく、また、特定の波長又は波長の範囲で改善された光結合効率を提供するように設計することができる。

【００４８】

次に図２Ａ及び図２Ｂを参照して、以下、非ＱＷＩＰ光検出器と共に使用するための例示的ＦＰＡ回折格子結合器について考察する。図２Ａに示されているデバイスの場合、周期回折格子構造はＣＱＤ光検出器デバイスの一部として製造されている。ＣＱＤデバイスは、ダイオード層スタックの一部として、金属層などの導電性コンタクト（回折格子底部コンタクト２１０）を利用している。コンタクト２１０は金属として考察されているが、本発明の概念の実施例はそれには限定されないことは理解されよう。本発明の概念の範囲を逸脱することなく、他の導電性材料を使用することができる。導電性コンタクト２１０は基板２００の上に提供されている。この導電性コンタクト２１０は、図２Ａの断面図に示されているポスト２３０（図２Ｂ）のパターン化アレイを含むように製造することができる。完全な検出器を形成するために使用される材料の残りの層は、図２Ａに示されているようにパターン化された導電性コンタクト２１０の上に提供することができ、例えば導電性コンタクト２１０の上に堆積させることができる。例えば図２Ａでは、ＣＱＤ光検出器２２０は導電性コンタクト２１０の上に提供され、また、頂部コンタクト２３０はＣＱＤ光検出器２２０の上に提供されている。本明細書において使用されているように、「光検出器」は、光伝導体、即ち光に応答して変化する導体／抵抗、又はフォトダイオード、即ち光に応答して変化するダイオードのいずれかを意味していることは理解されよう。完成した構造は、集積光回折格子を有する光検出器である。この回折格子の光特性は、周期構造の物理寸法、及びダイオード・スタック中の他の層の光特性によって決定することができる。これらの光特性は、例えば屈折率、吸収係数、層の厚さ、回折格子構造の形状及びピッチを含む。１つのこのような構造の実例は、図２Ｂに示されている回折格子ポスト２３０及びピクセル２４０を示す。

【００４９】

本明細書において使用されているように、基板２００は、例えばＳｉ、ガラス、重合体、セラミック又は金属材料、或いはそれらの任意の組合せであってもよい。いくつかの実施例では、基板は特定のアプリケーション要求事項から決定することができる。例えばＦＰＡの場合、基板は、典型的には、相補金属酸化物半導体（ＣＭＯＳ：ｃｏｍｐｌｅｍｅｎｔａｒｙ　ｍｅｔａｌ－ｏｘｉｄｅ　ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）回路機構を含むＳｉウェーハが使用されることになる。

【００５０】

図３Ａ乃至図３Ｃ及び図４は、本発明の概念のいくつかの実施例によるコロイド状量子ドット（ＣＱＤ）光検出器を構築するために使用される光回折格子結合器の実例の走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）画像である。図３Ａ乃至図４に示されている構造は、本発明の概念の性能利点を立証するために製造されたものである。これらの構造は、図２の層２００に対応する金属構造である。完成したＣＱＤ光センサはこれらの回折格子結合器構造を使用して製造され、それらのスペクトル量子効率性能が、集積光回折格子結合を含んでいないＣＱＤ光センサに対して比較された。このデータは例えば図５に示されている。光回折格子結合器の他の実例は、形状が異なる周期構造を利用している。これらの代替回折格子形状は当業者によく知られている。これらの構造は、ポスト、ピラー、孔、格子、凹んだ格子、それらの組合せ、等々を含む。本発明の概念の実施例は、集積光回折格子構造なしに製造されＣＱＤ光検出器と比較して、暗雑音を大きくすることなくＣＱＤ光検出器の光量子効率を高くするために、ＣＱＤ光検出器と共に回折格子結合器を使用している。

【００５１】

図５は、本発明の概念のいくつかの実施例による、複数の異なる光回折格子構造に対する、外部量子効率（ＥＱＥ）対波長（ｎｍ）を示すグラフである。詳細には、図５は、特

定のデバイス（２１２０－０５）上の５つの異なる光回折格子構造から収集されたスペクトルＱＥを示している。Ｌ１　１ｍｍ（１）は光回折格子構造を組み込んでいない。これらの光検出器は、すべて、同じ又は同様の基板上でまとめて製造され、また、すべて同じ量のＣＱＤ半導体材料を含んでおり、また、検出器は、すべて同様のレベルの暗電流を有している。例えば１５５０ｎｍの波長では、光回折格子構造を有するＣＱＤ光検出器（図５に曲線５のラベルが振られている）はほぼ１８％の量子効率を有し、また、光回折格子構造を有していないＣＱＤ光検出器（図５に曲線１のラベルが振られている）はほぼ９％の量子効率を有していることは図５から明らかである。このデータは、光回折格子構造とＣＱＤ光検出器の組合せは、回折格子構造を有していないＣＱＤ光検出器に対して、ＣＱＤ検出器性能の実質的な向上を提供することを立証している。

【００５２】

図６は、本発明の概念のいくつかの実施例による、複数の異なる光回折格子構造に対する、ＥＱＥ対波長（ｎｍ）を示すグラフである。スペクトルＱＥは、特定のデバイス（２１１７－０３）上の５つの異なる光回折格子構造から収集された。このデバイス（２１１７－０３）は、第１の励起子遷移がほぼ９４０ｎｍのＣＱＤを使用して製造された。２１１７－０３　Ｌ１　１ｍｍは光回折格子構造を組み込んでいない。図６に示されているように、構造Ｐ２（６）は、９４０ｎｍで最も高いＱＥを有している（他の構造と比較して）。これは、図５に関連して考察したデバイス２１２０－０５からの結論と対応している。

【００５３】

図６にそのスペクトル応答が示されている光検出器は、すべて、同様のレベルの暗電流及び暗雑音を有している。図６に示されているデータは、集積光回折格子結合器を有するＣＱＤ光検出器は、一定の範囲の光バンドギャップを有するＣＱＤのためのＱＥ改善及び性能利点を提供することができることを立証している。

【００５４】

上で簡単に考察したように、本発明の概念のいくつかの実施例は、ＱＥに対する暗電流比率の改善をもたらす非ＱＷＩＰ焦点面アレイ（ＦＰＡ）センサ材料と共に使用するための回折格子結合器を提供する。

【００５５】

本発明の概念の実施例は、本明細書においては、本発明の概念の理想化された実施例の概略図である断面図を参照して説明されている。したがって例えば製造技法及び／又は製造公差の結果として、図の形状からの変化が期待されるべきである。したがって本発明の概念の実施例は、本明細書において示されている領域の特定の形状に限定するものとして解釈するのではなく、例えば製造に起因する形状の逸脱を含むものとして解釈されたい。例えば長方形として示されている打込み領域は、典型的には、丸い特徴又は彎曲した特徴、及び／又は打込み領域から非打込み領域までの二値変化ではなく、その縁における打込み濃度の勾配を有することになる。同様に、打込みによって形成される埋込み領域は、その埋込み領域と、打込みが生じる表面との間の領域に何らかの打込みをもたらすことになり得る。したがって図に示されている領域はその性質が概略的であり、また、それらの形状には、デバイスの領域の正確な形状を示すこと、また、本発明の概念の範囲を制限することは意図されていない。

【００５６】

更に、「下部」又は「底部」、及び「上部」又は「頂部」などの相対用語は、本明細書においては、図に示されている別の要素に対する１つの要素の関係を記述するために使用することができる。相対用語には、図に描写されている配向に加えて、デバイスの異なる配向を包含することが意図されていることは理解されよう。例えば図におけるデバイスが逆さまにされると、他の要素の「下部」側として記述されている要素は、今度は該他の要素の「上部」側に配向されることになる。したがって「下部」という例示的用語は、図の特定の配向に応じて「下部」及び「上部」の両方の配向を包含することができる。同様に、複数の図のうちの１つにおけるデバイスが逆さまにされると、他の要素の「下方」又は

「真下」として記述されている要素は、今度は該他の要素の「上方」に配向されることになる。したがって「下方」又は「真下」という例示的用語は、上方及び下方の両方の配向を包含することができる。

【００５７】

更に、光検出器の様々な層、セクション及び領域は、ｐ型及び／又はｎ型として考察することができるが、多くのデバイスでは、これらの導電率タイプは、デバイスの機能性に影響を及ぼすことなく切り換えることができることは当業者には理解される。要素、領域又は層が「ｎ型」と呼ばれている場合、これは、その要素、層又は領域がｎ型ドーパント、例えばＳｉ、ゲルマニウム（Ｇｅ）又は酸素で特定の濃度にドープされていることを意味している。要素、領域又は層が「ｐ型」と呼ばれている場合、これは、その要素、領域又は層がｐ型ドーパント、例えばマグネシウム（Ｍｇ）、ベリリウム（Ｂｅ）、亜鉛（Ｚｎ）、カルシウム（Ｃａ）又は炭素（Ｃ）でドープされていることを意味している。いくつかの実施例では、要素、領域又は層は、デバイス中の他のｐ型又はｎ型の要素、領域又は層より高いドーピング濃度を有するｐ型又はｎ型の要素、領域又は層を意味する「$p^+$」又は「$n^+$」として考察することができる。最後に、領域は、エピタキシャル領域、打込み領域、等々として考察することができる。これらの領域は同じ材料を含むことができるが、様々な形成方法によって得られる層は、異なる特性を有する領域をもたらし得る。言い換えると、エピタキシャル成長領域は、同じ材料の打込み領域又は堆積領域とは異なる特性を有することができる。

【００５８】

上で考察したように、本発明の概念の実施例は、ＱＥに対する暗電流比率の改善をもたらす非ＱＷＩＰ焦点面アレイ（ＦＰＡ）センサ材料と共に使用するための回折格子結合器を提供する。本発明の概念のいくつかの実施例による回折格子結合器フォトダイオード構造の設計は分析的解析に基づいており、また、実験結果、測定されたＣＱＤ膜電荷輸送特性、及び拡張可能製造技法の要求事項を使用して最適化される。

【００５９】

ＣＱＤ層又は層、或いは他の光子吸収半導体層（例えば層２２０及び７２０内に含まれている）は、光吸収を最大化するようには設計されないが、その代わりに半導体材料の電荷輸送特性に基づいて最適化される。更に、本明細書において考察されている集積回折格子構造には側壁又は側壁反射は不要であり、その代わりにセンサの光学的に能動の領域全体にわたって連続するように構築される。この光回折格子構造には、性能改善を達成するための共鳴空洞の製造は不要である。

【００６０】

したがって本発明の概念のいくつかの実施例は、集積回折格子結合器を有するＣＱＤ検出器を提供し、ＣＱＤ層又は層の吸収体材料は光活性領域で連続し、この構造には側壁がなく、また、光回折格子構造のピクシレーションは存在しない。回折格子結合器は反射共鳴なしに動作し、また、構造は、約５０ｎｍから約２００ｎｍまでの範囲におけるＣＱＤ光吸収体層の厚さが最適化されるように設計される。

【００６１】

次に図７Ａ乃至図７Ｂの断面図を参照して、本発明の概念のいくつかの実施例による光回折格子結合器を含む光検出器の製造における処理ステップを考察する。これらの図は、単に、本明細書において考察されている実施例による方法のいくつかの実施例を示したものにすぎず、したがって本発明の概念の実施例は、この構成に限定されないことは理解されよう。

【００６２】

最初に図７Ａを参照すると、回折格子結合器構造７１０が基板７００の上に形成される。上で考察したように、基板は、本発明の概念の範囲を逸脱することなく、例えばＳｉ、ガラス、重合体、セラミック又は金属材料であってもよい。いくつかの実施例では、基板はケイ素（Ｓｉ）ＩＣウェーハであってもよい。本明細書において考察されている回折格子構造７１０はピクセル化されていなくてもよく、また、側壁を含んでいない。しかしな

がらいくつかの実施例では、本発明の概念から逸脱することなく、回折格子構造はピクセル化することができ、及び／又は側壁を含むことも可能であることは理解されよう。

【００６３】

詳細には、回折格子結合器構造７１０を形成するために、基板７００の上に酸化物／誘電材料を提供することができる。いくつかの実施例では、基板７００の上に酸化物／誘電材料を堆積させることができるが、本発明の概念の実施例はこの構成に限定されない。例えばいくつかの実施例では、基板７００の上に酸化物／誘電体層を成長させることができる。基板７００の上に酸化物／誘電体層が形成されると、例えば紫外線（ＵＶ）リソグラフィを使用して酸化物／誘電体層をパターン化することができる。次に、ドライ・エッチング・プロセス又はウェット・エッチング・プロセスを使用して、例えば図７Ａに示されている周期構造の連続パターンを形成することができる。上で考察したように、このパターンは図７Ａに示されている周期構造に限定されず、本発明の概念の範囲を逸脱することなく、ランダム構造を使用することも可能である。パターン化が完了すると、回折格子結合器構造７１０を完成するために、ピクセル・パッド、例えば金属ピクセル・パッドをパターン化された酸化物／誘電体の上に堆積させて、パターン化することができる。いくつかの実施例では、パターン化されていないピクセル金属を平らな酸化物の上に堆積させ、次に、例えばＵＶリソグラフィ及びドライ・エッチング・プロセス又はウェット・エッチング・プロセスを使用して材料を刻み付けて回折格子構造にすることができる。

【００６４】

図７Ａには示されていないが、いくつかの実施例では、図７Ａに示されている構造の上に任意選択の電荷輸送層を堆積させることができる。この任意選択の電荷輸送層は、例えばスピン塗布、スプレー塗布、ディップ塗布、ブレード鋳造及び／又は物理気相堆積技法を使用して、センサ又はウェーハ表面全体にわたって堆積させることができる。

【００６５】

次に図７Ｂを参照すると、例えばスピン塗布、スプレー塗布、ディップ塗布又はブレード鋳造を使用して、図７Ａの構造の上にＣＱＤ７２０の連続層を堆積させることができる。いくつかの実施例では、ＣＱＤ層厚コントローラを使用して、ＣＱＤ層の厚さを約１５０ｎｍ未満に維持することができる。ＣＱＤ薄膜内における公称電荷輸送距離になるように特定の厚さを選択することができる。ＣＱＤ層は、フォトダイオード構造の能動領域に側壁を含んでいても、或いは含んでいなくてもよい。

【００６６】

詳細には、ＣＱＤ層７２０と先行する層（層７１０）の間にｐｎ接合を形成するために、図７Ａの構造の上にｎ型ＣＱＤ又はｐ型ＣＱＤ或いはフラーレンの連続層を堆積させることができる。本明細書において使用されているように、「フラーレン」という用語は、バックミンスターフラーレン$C_n$並びに他の形態の分子炭素、例えば$C_{70}$、$C_{84}$及び同様のケージ様炭素構造などを意味しており、より一般的には２０個から数百個の炭素原子に及ぶことができ、即ちｎが２０以上の$C_n$であってもよい。フラーレンは、例えば溶解度又は分散性の改善、又はフラーレンの電気特性の改変などの特定の目的のために、必要に応じて官能基化することができ、或いは化学的に改質させることができる。また、「フラーレン」という用語は、内包フラーレンを意味することも可能であり、非炭素原子又は原子クラスタが炭素ケージの中に閉じ込められる。また、「フラーレン」という用語は、フラーレン誘導体を意味することも可能である。フラーレン誘導体のいくつかの非制限の実例は、［６，６］－フェニル－$C_{61}$－酪酸メチル・エステル（ＰＣＢＭ）、及びフェニル－$C_{61}$－酪酸コレステロール・エステル（ＰＣＢＣＲ）である。また、「フラーレン」という用語は、既に言及した形態のフラーレンのブレンドを意味することも可能である。

【００６７】

ｐ型半導体／ＣＱＤでは、多数キャリアは正孔であり、少数キャリアは電子である。ｎ型半導体／ＣＱＤでは、電子が多数キャリアであり、正孔が少数キャリアである。ホウ素、インジウム又はガリウムのような三価原子のうちの任意の原子でドープされたゲルマニ

ウム又はケイ素のような半導体はｐ型半導体であってもよい。リン、砒素、アンチモン、ビスマス、等々を使用してｎ型半導体が製造される。本明細書において使用されているように、「ｐ－ｎ接合」は、半導体の内側の２つの半導体材料タイプ、即ちｐ型とｎ型の間の界面即ち境界を意味している。ＣＱＤ層７２０の厚さは、いくつかの実施例では１５０ｎｍ未満にすることができる。

【００６８】

図７Ｂには示されていないが、ＣＱＤ層７２０の上に任意選択の電荷輸送層を提供することができる。頂部コンタクト材料７２０、例えば酸化インジウム・スズ（ＩＴＯ：Ｉｎｄｉｕｍ　Ｔｉｎ　Ｏｘｉｄｅ）又は酸化アルミニウム亜鉛（ＡＺＯ：Ａｌｌｕｍｉｎｕｍ　Ｚｉｎｃ　Ｏｘｉｄｅ）を完全なダイオード・スタックの上、例えばＣＱＤ層７２０又は任意選択の電荷輸送層の上に提供することができる。電極７２０の他の実例には、それらに限定されないが、透明導電酸化物（ＴＣＯ：ｔｒａｎｐａｒｅｎｔ　ｃｏｎｄｕｃｔｉｖｅ　ｏｘｉｄｅ）、透明金属及び透明導電重合体がある。ＴＣＯは、例えば酸化スズ（ＴＯ：ｔｉｎ　ｏｘｉｄｅ）、酸化インジウム・スズ（ＩＴＯ）、酸化亜鉛（ＺｎＯ：ｚｉｎｃ　ｏｘｉｄｅ）、酸化亜鉛インジウム（ＺＩＯ：ｚｉｎｃ　ｉｎｄｉｕｍ　ｏｘｉｄｅ）、酸化亜鉛インジウム・スズ（ＺＩＴＯ：ｚｉｎｃ　ｉｎｄｉｕｍ　ｔｉｎ　ｏｘｉｄｅ）、酸化ガリウム・インジウム（ＧＩＯ：ｇａｌｌｉｕｍ　ｉｎｄｉｕｍ　ｏｘｉｄｅ）、及び上記物質の他の合金又は誘導体を含むことができる。酸化スズはフッ素（Ｆ）でドープすることも可能である。ＺｎＯは、ガリウム（Ｇａ）及び／又はアルミニウム（Ａｌ）などの第ＩＩＩ族元素でドープすることができ、したがってより一般的には$Zn_xAl_yGa_zO$として化学量論的に表すことができ、ｘ＋ｙ＋ｚ＝１、０≦ｘ≦１、０≦ｙ≦１及び０≦ｚ≦１である。他の金属酸化物並びに非酸化物薄膜半導体も適切であり得る。金属の場合、金属電極７２０が十分に薄く、透明である限り、即ち金属電極７２０が「透明な厚さ」を有している限り、様々な金属（例えば銀、金、白金、チタン、リチウム、アルミニウム、マグネシウム、銅、ニッケル、等々）、金属含有合金（多層即ち２つ以上の異なる金属を含み、タングステンなどの粘着促進層を有しているか、或いは有していない）、又は金属含有化合物を電極７２０として使用することができる。ＩＲ範囲において敏感であることがフォトダイオードに求められる場合、電極７２０は、ＩＲ波長に対して十分に透明でなければならない。電極７２０は、典型的には、例えば化学気相堆積（ＣＶＤ：ｃｈｅｍｉｃａｌ　ｖａｐｏｒ　ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）、有機金属ＣＶＤ（ＭＯＣＶＤ：ｍｅｔａｌｏｒｇａｎｉｃ　ＣＶＤ）、無線周波数（ＲＦ：ｒａｄｉｏ　ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ）又はマグネトロンスパッタリング、分子ビーム・エピタキシー（ＭＢＥ：ｍｏｌｅｃｕｌａｒ　ｂｅａｍ　ｅｐｉｔａｘｙ）、イオン・ビーム・エピタキシー、レーザＭＢＥ、パルス・レーザ堆積（ＰＬＤ：ｐｕｌｓｅｄ　ｌａｓｅｒ　ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）、などの真空堆積技法によって、基礎をなしている表面に製造される。組成に応じて、熱蒸着又は昇華などの他の堆積技法が適切であり得る。十分に透明である場合、別法として導電重合体を電極７２０として使用することも可能であり、また、溶液に基づくプロセス、スピン塗布、ディップ塗布、スプレー塗布、等々によって堆積させることができる。透明導電重合体の一非制限実例は、ポリ（３，４－エチレンジオキシチオフェン）：ポリストリエンスルフォネート（ＰＥＤＯＴ：ＰＳＳ）、及びその化学的関係物及び誘導体である。次に封止層を堆積させて構造を完成することができる。

【００６９】

上で考察したように、図７Ａ及び図７Ｂは、単に実例を提供したものにすぎない。層は、本発明の概念の範囲を逸脱することなく、スタックの中に別様に配置することができ、及び／又は追加層を存在させることができる。

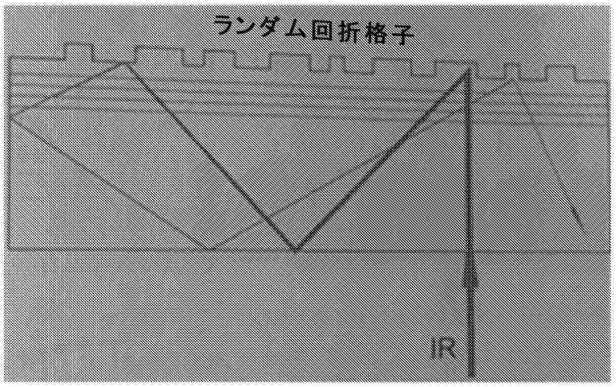
【００７０】

図面及び明細書には、本発明の概念の例示的実施例が開示されている。しかしながら本発明の概念の原理から実質的に逸脱することなく、多くの変更及び修正をこれらの実施例に加えることができる。したがって特定の用語が使用されているが、それらは包括的及び説明的な意味で使用されているにすぎず、以下の特許請求の範囲によって定義されている

本発明の概念の範囲を制限するためのものではない。

【図面】

【図１Ａ】




【図１Ｂ】

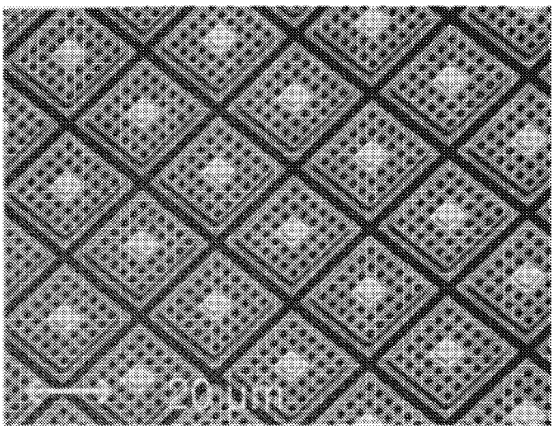
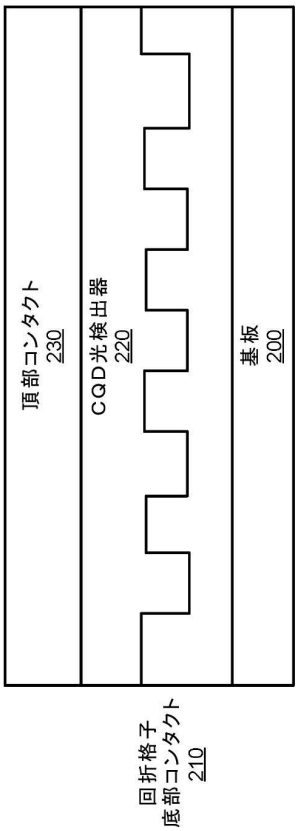
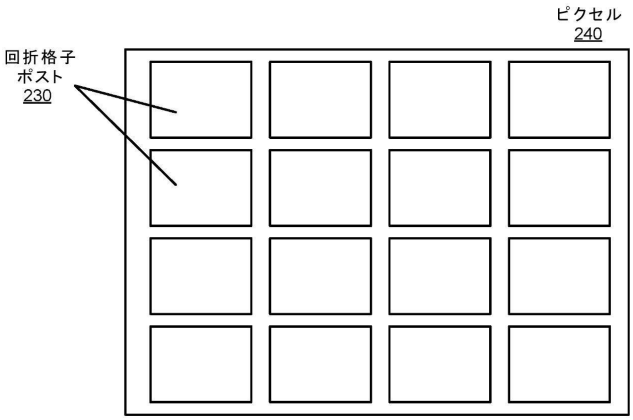



Fig. 1B

【図２Ａ】




【図２Ｂ】



【図３Ａ】

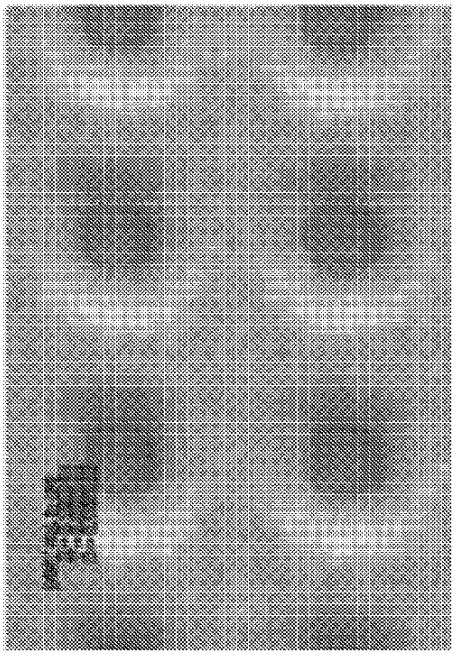


Fig. 3A

【図３Ｂ】

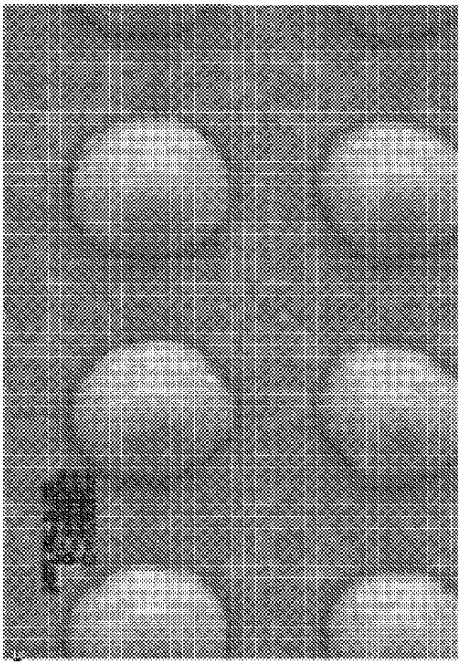


Fig. 3B

【図３Ｃ】

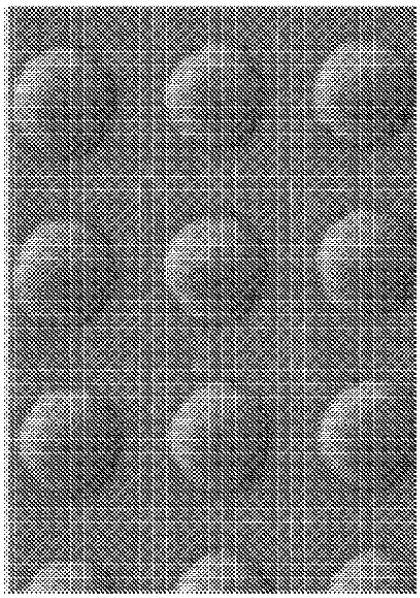


Fig. 3C

【図４】

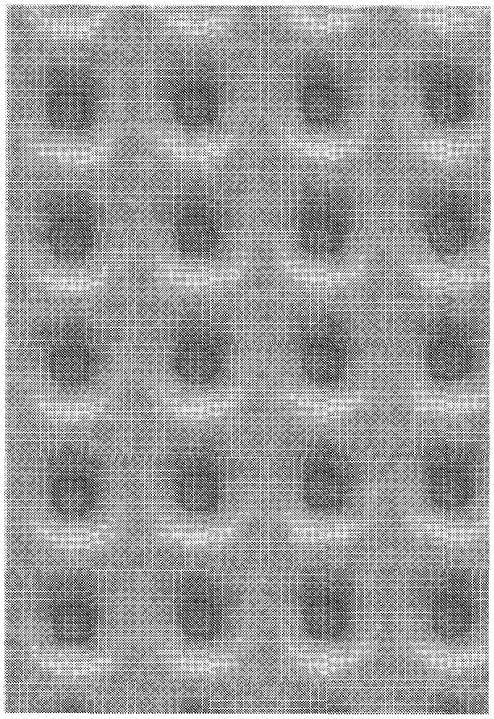
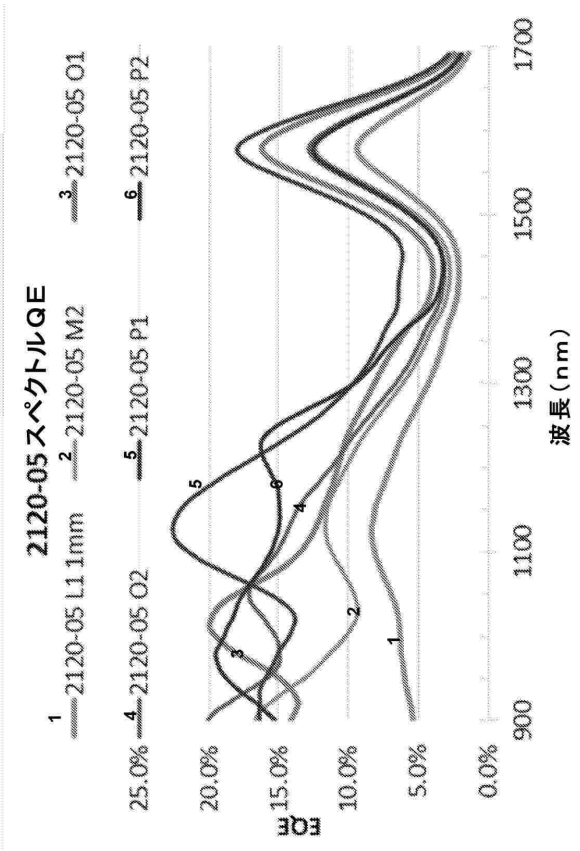
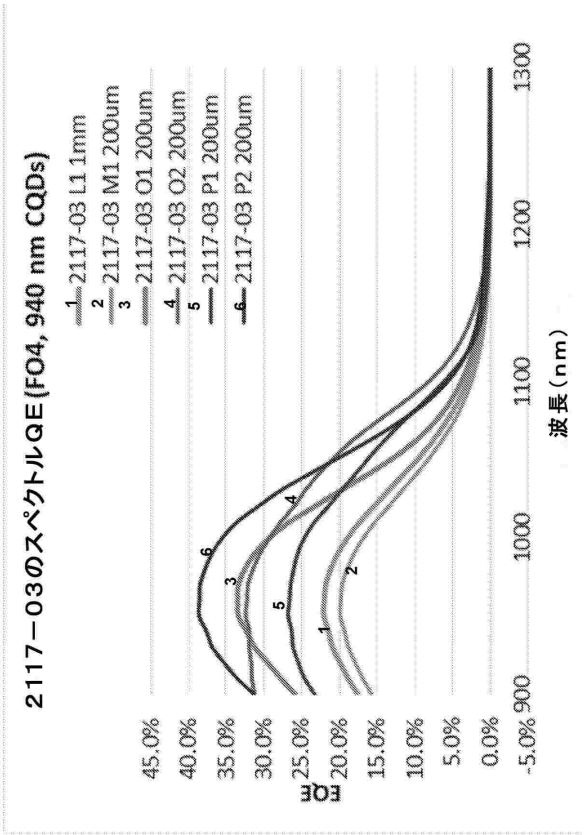


Fig. 4

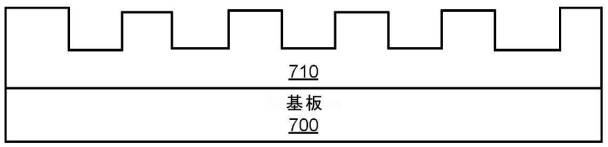
【図５】


2120-05スペクトルQE
1 2120-05 L1 1mm
2 2120-05 M2
3 2120-05 O1
4 2120-05 O2
5 2120-05 P1
6 2120-05 P2
EQE
25.0%
20.0%
15.0%
10.0%
5.0%
0.0%
900
1100
1300
1500
1700
波長（nm）

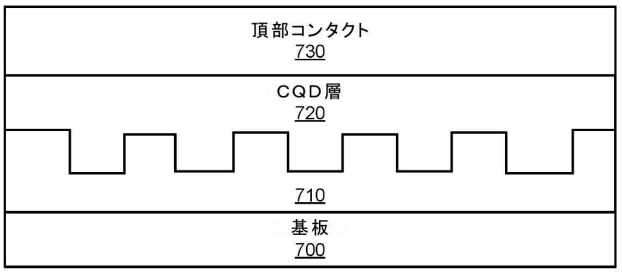
【図６】


2117−03のスペクトルQE(FO4, 940 nm CQDs)
1 2117-03 L1 1mm
2 2117-03 M1 200um
3 2117-03 O1 200um
4 2117-03 O2 200um
5 2117-03 P1 200um
6 2117-03 P2 200um
EQE
45.0%
40.0%
35.0%
30.0%
25.0%
20.0%
15.0%
10.0%
5.0%
0.0%
-5.0%
900
1000
1100
1200
1300
波長（nm）

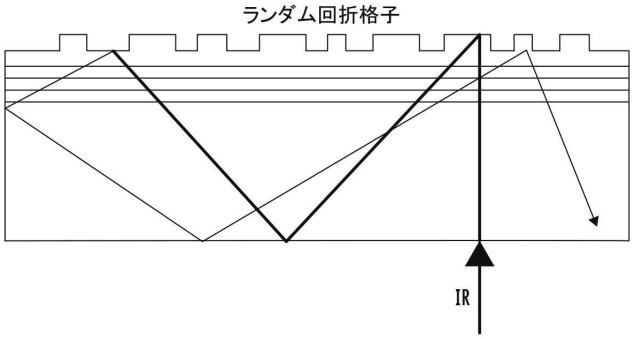
【図７Ａ】


710
基板
700

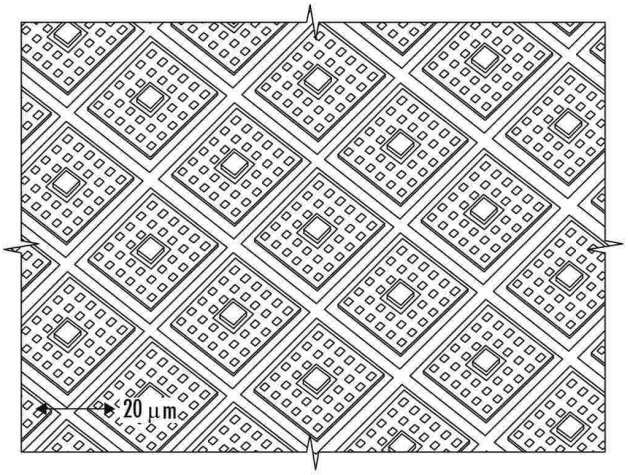
【図７Ｂ】


頂部コンタクト
730
CQD層
720
710
基板
700

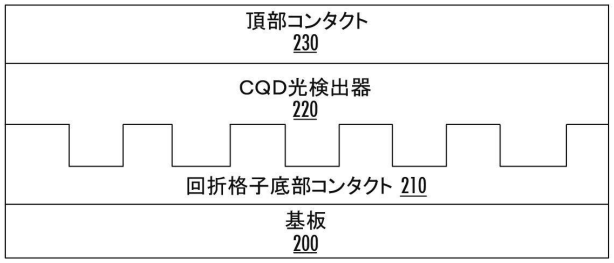
【手続補正書】
【提出日】令和５年７月２６日(２０２３.７.２６)
【手続補正１】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】全図
【補正方法】変更
【補正の内容】
【図面】
【図１Ａ】



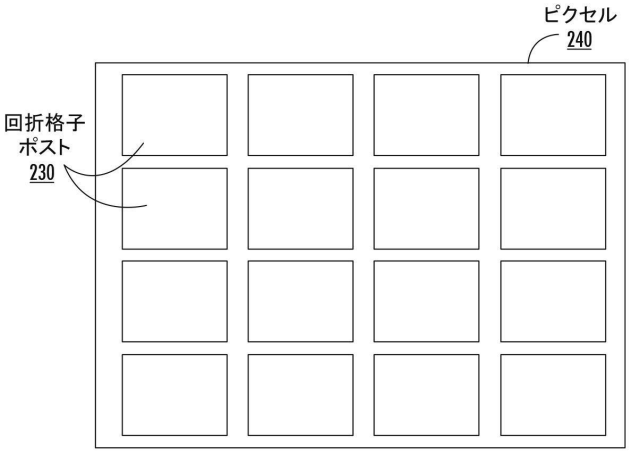

【図１Ｂ】



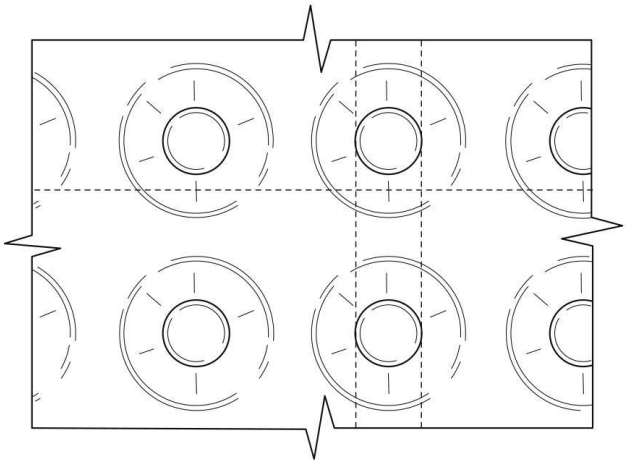

【図２Ａ】



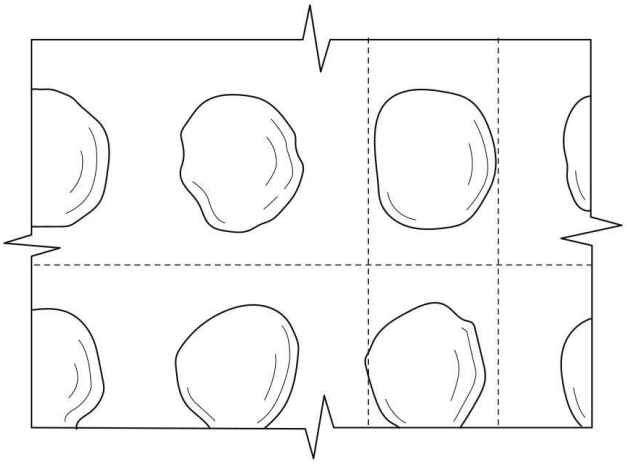

【図２Ｂ】



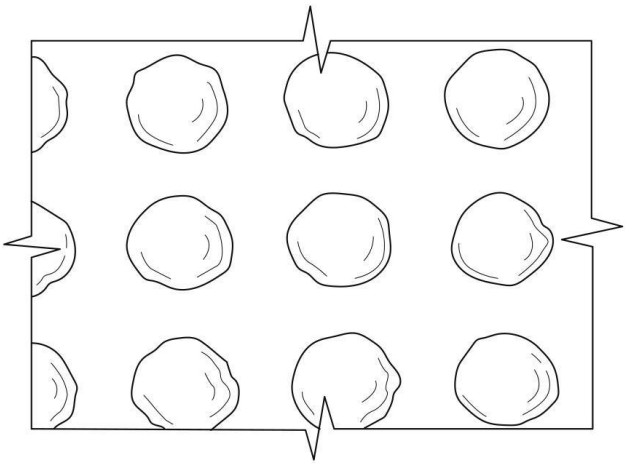
【図３Ａ】



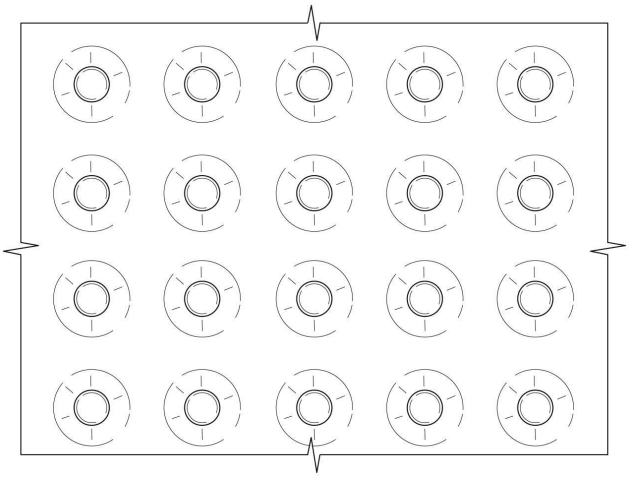
【図３Ｂ】



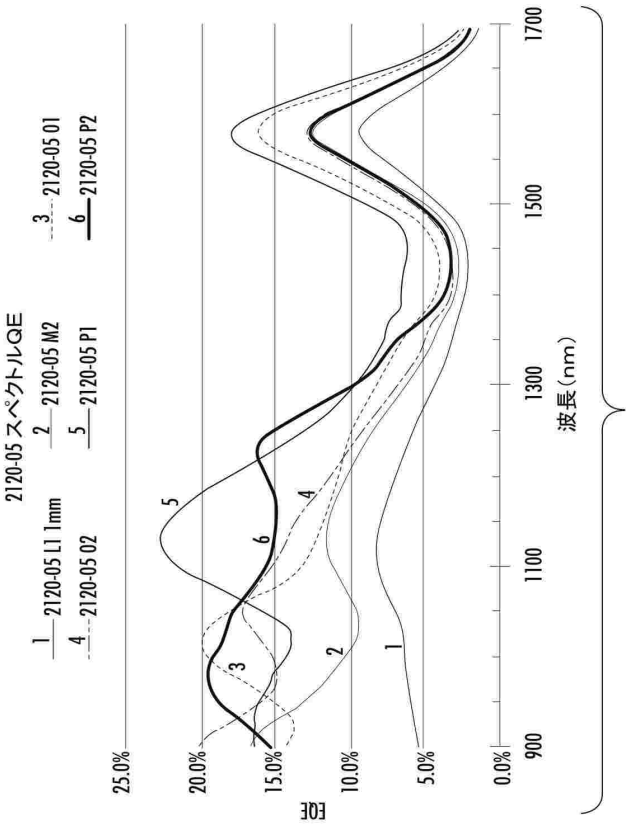
【図３Ｃ】



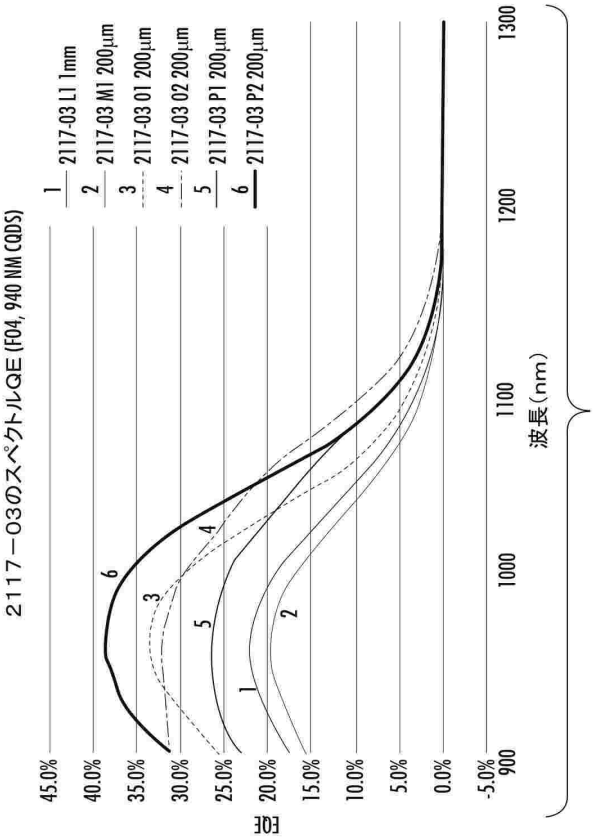
【図４】



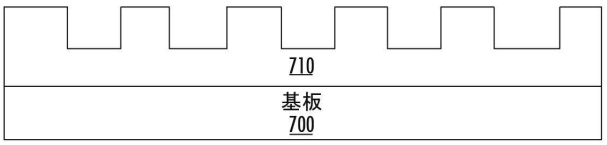
【図５】


2120-05 スペクトルQE
1 2120-05 L1 1mm
2 2120-05 M2
3 2120-05 O1
4 2120-05 O2
5 2120-05 P1
6 2120-05 P2
EQE
25.0%
20.0%
15.0%
10.0%
5.0%
0.0%
900
1100
1300
1500
1700
波長(nm)

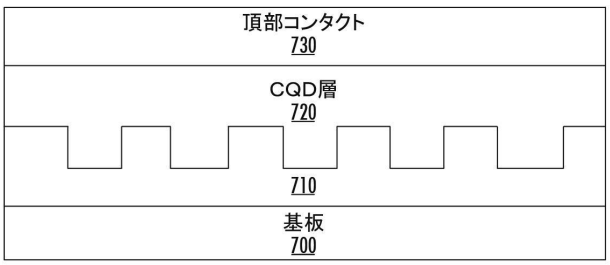
【図６】


2117－03のスペクトルQE (F04, 940 NM CQDS)
1 2117-03 L1 1mm
2 2117-03 M1 200μm
3 2117-03 O1 200μm
4 2117-03 O2 200μm
5 2117-03 P1 200μm
6 2117-03 P2 200μm
EQE
45.0%
40.0%
35.0%
30.0%
25.0%
20.0%
15.0%
10.0%
5.0%
0.0%
-5.0%
900
1000
1100
1200
1300
波長(nm)

【図７Ａ】


710
基板
700

【図７Ｂ】


頂部コンタクト
730
CQD層
720
710
基板
700

【国際調査報告】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | International application No. PCT/US 2021/060315 |
|---|---|

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***H01L 31/054*** *(2014.01)*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G0J 1/00 - 1/60, G0J 5/00 - 5/62, H01L 31/00 - 31/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | CN 107275421 A (UNIV HUAZHONG SCIENCE TECH) 20.10.2017, [0004], [0006], [0015], [0016], [0020], [0025], [0030], [0031], fig. 1, 2 | 1-19 |
| Y | | 20 |
| Y | US 2019/0305021 A1 (FUJITSU LIMITED) 03.10.201, [0005], [0080]-[0084], [0094]-[0100], fig. 3, 4 | 20 |
| A | US 2014/0202530 A1 (VASYLYEV SERGIY) 24.07.2014 | 1-20 |
| A | US 6441373 B1 (FUJITSU LIMITED) 27.08.2002 | 1-20 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

| | | | |
|---|---|---|---|
| * | Special categories of cited documents: | "T" | later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" | document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "D" | document cited by the applicant in the international application | "Y" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "E" | earlier document but published on or after the international filing date | "&" | document member of the same patent family |
| "L" | document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | | |
| "O" | document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | | |
| "P" | document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | | |

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 14 February 2022 (14.02.2022) | 17 February 2022 (17.02.2022) |
| Name and mailing address of the ISA/RU:<br>Federal Institute of Industrial Property,<br>Berezhkovskaya nab., 30-1, Moscow, G-59,<br>GSP-3, Russia, 125993<br>Facsimile No: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37 | Authorized officer<br>D. Melnikov<br>Telephone No. (499) 240-25-91 |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(72)発明者　グレゴリー、クリストファー ウィリアム
アメリカ合衆国、ノースカロライナ、チャペル ヒル、ボルトン プレイス １１１
(72)発明者　ヒルトン、ジェフリー アラン、ジュニア
アメリカ合衆国、ノースカロライナ、ダーラム、プロスペクト パークウェイ ３３２９
(72)発明者　ヘイムズ、グレッグ アラン
アメリカ合衆国、ノースカロライナ、ローリー、ドック アーノルド ドライブ １１８１７

Ｆターム（参考）　4M118　AA05 AB01 BA14 CA02 CA40 CB01 CB20 GD20 HA26
5F149　BA01 BB03 DA33 LA01 XB15 XB18 XB24